



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 40 32 569 A 1**

⑤① Int. Cl.⁵:
H 02 N 6/00
H 02 M 7/44
// H02J 7/35, G05F
1/67

②① Aktenzeichen: P 40 32 569.5
②② Anmeldetag: 13. 10. 90
④③ Offenlegungstag: 16. 4. 92

DE 40 32 569 A 1

⑦① Anmelder:
Flachglas-Solartechnik GmbH, 5000 Köln, DE

⑦④ Vertreter:
Boehmert, A., Dipl.-Ing., Pat.-Anw.; Stahlberg, W.,
Rechtsanw.; Hoormann, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 2800
Bremen; Goddar, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Busch,
T., Dipl.-Ing.; Liesegang, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 8000 München; Kuntze, W.; Kouker, L.,
Dr., Rechtsanwälte; Winkler, A., Dr.rer.nat.,
Pat.-Anw., 2800 Bremen

⑦② Erfinder:
Ortjohann, Egon, Dr.-Ing., 3470 Höxter, DE;
Rosendahl, Reiner, Dipl.-Ing., 4150 Krefeld, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Netzgekoppelte Photovoltaikanlage

⑤⑦ Eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage, mit einem Solar-
generator, welcher eine Vielzahl seriell oder parallel ver-
schalteter Moduln umfaßt, mit wenigstens einem Wechsel-
richter zum Umwandeln der erzeugten Gleichspannung in
Wechselspannung und mit einer Einrichtung zum Anbinden
an das Netz, welche ein Leistungsteil umfaßt, ist dadurch
gekennzeichnet, daß jedes der Moduln einen integrierten
Wechselrichter aufweist.

DE 40 32 569 A 1

Die Erfindung betrifft eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage, mit einem Solargenerator, welcher eine Vielzahl seriell oder parallel verschalteter Moduln umfaßt, mit wenigstens einem Wechselrichter zum Umwandeln der erzeugten Gleichspannung in Wechselspannung und mit einer Einrichtung zum Anbinden an das Netz, welche einen Leistungsteil umfaßt.

Eine solche Anlage ist in dem Aufsatz "Photovoltaikanlage in Fellbach", Sonnenenergie 2/90, Seiten 16 ff. (1990), beschrieben. Der Solargenerator besteht dabei aus einer Vielzahl verschalteter Moduln, die zu sogenannten Strings seriell verschaltet sind, wobei durch die Anzahl der Moduln die Ausgangsspannung der Strings festgelegt ist. Je nach gewünschter Ausgangsleistung wird eine entsprechende Anzahl von Strings parallelgeschaltet. Die Umwandlung der durch den Solargenerator erzeugten Gleichstromgrößen in netzkonforme elektrische Größen, also Wechselströme und Wechselspannungen, erfolgt mittels eines gemeinsamen Wechselrichters.

Dazu müssen die Strings auf einer Gleichstromsammelschiene zusammengefaßt werden. Um die Ohm'schen Leistungsverluste möglichst gering zu halten, ist ein vergleichsweise großer Querschnitt der Schiene notwendig. Eine derartige bekannte Anlage hat auch den Nachteil, daß das leistungsschwächste Modul innerhalb eines Strings den Stringstrom begrenzt. Dies führt wiederum zu einer Leistungsschwächung der Gesamtanlage. Eine solche Leistungsschwächung kann beispielsweise bei Teilabschattung des Solargenerators auftreten, wenn also nicht die gesamte Generatorfläche ausgeleuchtet ist. Weiterhin gestaltet es sich schwierig, die Funktionsfähigkeit der einzelnen Moduln individuell zu überwachen. Dazu wird auf die DE-GM 88 15 963 verwiesen, aus der bekannt ist, eine Shuntdiode, die zur Überbrückung eines defekten Moduls dient, auch dazu zu verwenden, eine lichtemittierende Diode oder ein Drehspulgerät anzusteuern, um so die Möglichkeit zu haben, die Position eines defekten Moduls im Solargenerator optisch festzustellen. Hier wird der große Schaltungsaufwand deutlich, der zur Lösung dieses Einzelproblems notwendig ist.

Es ist weiterhin aus der DE-OS 36 11 545 bekannt, bei einem Modul, das von einem Rahmen aus Hohlprofilen umgeben ist, in einem solchen Hohlraum ein elektrisches Regelgerät anzuordnen, das Steuer-, Regel- und/oder Wandelfunktion hat. Ein solches Regelgerät muß in seinen Abmessungen optimal an den Hohlraum des Profils angepaßt werden, damit das so ausgestattete Modul an ein anderes angelegt werden kann. Damit ist ein solches Modul wenig variabel und somit zur Serienfertigung ungeeignet.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Photovoltaikanlage zu schaffen, die auch in Kleinserien kostengünstig herstellbar ist und bei der der Ausfall einzelner Moduln den Wirkungsgrad der gesamten Anlage kaum oder gar nicht beeinträchtigt.

Diese Aufgabe wird von einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage der eingangs genannten Gattung mit den Merkmalen des Kennzeichens von Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß weist jedes der Moduln einen integrierten Wechselrichter auf, außerdem ist — insbesondere bei größeren Anlagen — ggf. die Einrichtung zum Anbinden an das Netz eine Zentraleinheit, die zur

Steuerung und/oder Überwachung der Gesamtanlage geeignet ist. Der Wechselrichter übernimmt üblicherweise auch das Einstellen des maximalen Leistungspunktes, was aufgrund der nicht linearen U/I-Kennlinie von Photovoltaikanlagen notwendig ist. Bei der Anlage gemäß der vorliegenden Erfindung kann nunmehr jedes Modul in seinem optimalen Arbeitspunkt betrieben werden. Hierdurch wirken sich Teilabschattungseffekte nur auf die betroffenen Moduln aus und beeinträchtigen den Wirkungsgrad der gesamten Anlage nur wenig. Die Zentraleinheit übernimmt dann die Steuerung und/oder Überwachung unter Berücksichtigung von Parametern, die beispielsweise durch Auflagen der Energieversorgungsunternehmen in den Prozeß einfließen müssen, wie etwa Maßnahmen für den Netzschutz oder dergleichen.

Bevorzugt sind die Moduln über die zu deren Steuerung zu erfassenden Meßdaten auch überwachbar. Um die Wechselrichtersteuerung für jedes Modul durchführen zu können, müssen Meßdaten auf der Gleichstromseite und auf der Wechselstromseite erfaßt werden. Es bedeutet daher kaum zusätzlichen Aufwand, diese Information zu verwenden, um einen Ausfall eines Moduls festzustellen.

Es kann dazu ein gemeinsamer Datenbus die Daten einer Vielzahl von Moduln der Zentraleinheit zuführen.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform weist die Zentraleinheit zur Steuerung und/oder Überwachung der Gesamtheit der Moduln ein Steuerteil auf. Dieses Steuerteil kann nicht nur funktionell, sondern auch räumlich vom Leistungsteil getrennt sein. Dies ist vorteilhaft im Sinne einer möglichst weitgehenden Standardisierbarkeit. Die einzelnen Komponenten der Zentraleinheit können dabei so konzipiert sein, daß der Einbau in Systemschränke möglich ist. Dadurch kann der Verkabelungsaufwand zur Netzanbindung beträchtlich gesenkt werden. Ohne zusätzlichen Gehäuseaufwand kann dann die Zentraleinheit mit in die bereits vorhandene Hausinstallation eingebunden werden.

Besonders bevorzugt ist es, wenn in der Zentraleinheit Leistungsteil und Steuerteil unabhängig voneinander modularaufbaubar sind. Dies erlaubt insbesondere eine individuelle Anpassung des Leistungsteils an die Generatorleistung, während der Steuerteil unabhängig davon aufgebaut werden kann.

Mit der erfindungsgemäßen Anlage wird erreicht, daß der üblicherweise erforderliche Verdrahtungsaufwand erheblich verringert wird. Beispielsweise entfällt auch die aufwendige Gleichstromsammelschiene. Die Möglichkeit zur Modulüberwachung wird bei der erfindungsgemäßen Anlage sozusagen mitgeliefert. Darüber hinaus würde auch der Ausfall eines oder mehrerer Moduln nicht die verheerenden Konsequenzen wie bei einer konventionellen Anlage haben und den Gesamtwirkungsgrad der Anlage nur unwesentlich beeinträchtigen.

Im folgenden soll die Erfindung anhand der Zeichnung lediglich beispielhaft dargestellt werden. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen netzgekoppelten Photovoltaikanlage,

Fig. 2 ein Funktionsschaltbild eines photovoltaischen Moduls mit integriertem Wechselrichter,

Fig. 3 ein Blockschaltbild der Zentraleinheit,

Fig. 4 eine Darstellung des mechanischen Aufbaus des Moduls mit integriertem Wechselrichter,

Fig. 5 eine schematische Darstellung des Aufbaus der Verbindungselemente des Wechselrichters,

Fig. 6 eine schematische Ansicht im Längsschnitt des

Wechselrichters,

Fig. 7 eine schematische Darstellung des Leistungsteils der Zentraleinheit, und

Fig. 8 eine Außenansicht des Steuerteils der Zentraleinheit.

Fig. 1 zeigt eine schematische Gesamtansicht der erfindungsgemäßen Photovoltaik-Anlage. Eine Vielzahl von Moduln 1, 1', 1'' sind zu Strings L1-S, L2-S und L3-S zusammengefaßt. Jedes der Moduln 1, 1', 1'' ist mit einem eigenen Wechselrichter 2, 2', 2'' versehen und über diesen direkt mit dem Netz 4 verbunden. Jedes Modul 1, 1', 1'' stellt somit eine eigenständige netzgekoppelte Einheit dar. Die Strings können beispielsweise die drei Phasen eines Niederspannungs-Drehstromsystems bilden. Jeder String bildet somit eine eigenständige Einheit und wird mit einer Betriebsspannung von je 220 Volt betrieben. Über die Strings L1-S, L2-S, L3-S sind die Moduln mit der Zentraleinheit 3 verbunden. Diese Zentraleinheit 3 stellt das Bindeglied zum Netz 4 dar. Sie hat weiterhin ggf. Überwachungsfunktion für die dezentralisierten Wechselrichter 2, 2', 2''. Dazu ist dann ggf. ein Datenbus 5 vorgesehen, über den jedes der Moduln mit der Zentraleinheit kommunizieren kann. Über den Datenbus 5 erhält die Zentraleinheit 3 Informationen, die es ihr ermöglichen, die Funktionsfähigkeit der Moduln 1, 1', 1'' zu überwachen. Dabei werden nicht nur Leistungsdaten überprüft, sondern auch mögliche Moduldefekte können lokalisiert werden, so daß sich anfallende Wartungsarbeiten zielgerichtet und genau durchführen lassen. Die Strings L1-S, L2-S und L3-S werden hinter der Zentraleinheit 3 als Phasenleiter L1, L2, L3 weitergeführt, während ein gemeinsamer Nulleiter N vorgesehen ist, die dann jeweils an das Netz 4 angeschlossen werden.

Fig. 2 zeigt das Funktionsschaltbild eines Moduls 1 mit integriertem Wechselrichter 2. Auf schaltungstechnisch übliche Weise ist die Gleichstromseite DC des Wechselrichters 2 an den photovoltaischen Ausgang des Moduls 1 gelegt. Von dieser Gleichstromseite wird über die Meßleitung 12 Information abgenommen und einer Steuereinheit 11 zugeführt. Der Wechselrichter 2 konvertiert die Gleichstromgrößen dann in Wechselstromgrößen, die von der Wechselstromseite AC abgenommen werden. Eine Meßleitung 13 führt wiederum Information von der Wechselstromseite auf die Steuereinheit 11. Die Steuereinheit 11 wiederum bereitet die Information zum Ansteuern des Leistungsteiles 10 des Wechselrichters 2 auf. Der Wechselrichter 2 wird so betrieben, daß er an seinem MPP-Punkt (Maximum Power Point), also an dem optimalen Arbeitspunkt des Moduls betrieben wird. Weiterhin gibt die Steuereinheit 11 Signale an den Datenbus 5, der diese Daten der Zentraleinheit zum Überprüfen der Funktionsfähigkeit des Moduls 1 zuführt. Ein solcher Wechselrichter unterscheidet sich grundsätzlich nicht von solchen, die in Anlagen nach dem Stand der Technik verwendet werden. Ein Vorteil ergibt sich aber aus der relativ geringen Übertragungsleistung, die je nach Modul zwischen 50 W und 150 W betragen kann. Aufgrund der geringen Übertragungsleistung ist ein platzsparender Leiterplattengesamtaufbau möglich.

In der Gesamtanlage müssen relativ viele Wechselrichter elektrisch nahe parallelgeschaltet werden. Dies erfordert ein neues Steuerungskonzept, das die Blind- und Wirkungssteuerung sowie das MPP-Tracking, also das Hinführen zum optimalen Arbeitspunkt, beinhaltet. Zur Steuerung kann beispielsweise eine Parametersteuerung eingesetzt werden, die auch schon in anderen

Bereichen mit großem Erfolg eingesetzt worden ist. Mit heute verfügbaren leistungsstarken Microcontrollern kann die Steuerung realisiert werden.

Fig. 3 zeigt das Funktionsschema der Zentraleinheit, die sich aus Leistungsteil 31 und Steuerteil 32 zusammensetzt. Der Leistungsteil umfaßt die Zuleitungen für die Strings L1-S, L2-S und L3-S, deren Nulleiter gemeinsam zu dem ausgehenden Nulleiter N zusammengefaßt werden. Über Leistungsschützer 51 können die Phasenleiter L1, L2, L3 aktiviert werden. Jeder der Phasenleiter L1, L2, L3 und der Nulleiter N liefern Information an einen Meßwandler 52, der diese Information dann an den Steuerteil weiterführt. Der Leistungsteil kann weiterhin Versicherungen umfassen und läßt sich auf konventionelle Weise aufbauen. Der Steuerteil 32 besteht aus fünf Funktionsblöcken, nämlich dem Funktionsblock 57 für die Meßwerterfassung, dem Buskoppler 54, dem Steuerblock 58 für den Netzschutz, dem Steuer- und Überwachungsblock 55 und der Anzeige 59. Der Funktionsblock 57 dient der Auskopplung der relevanten Meßgrößen. Dabei wird vom vorgeschalteten Meßwandler 52 einerseits die galvanische Trennung und andererseits die Pegelanpassung vorgenommen. Der Buskoppler 54 koordiniert die Datenübertragung vom und auf den Datenbus 5. Der Aufbau des Datenbus 5 richtet sich nach der Anzahl der verwendeten Moduln und nach deren strukturellem Aufbau bzw. deren Anordnung in Strings. Es können dabei bekannte Techniken angewendet werden, wobei aber sicherzustellen ist, daß eine Lokalisierung eines jeweils angesprochenen Moduls über den Datenbus 5 immer möglich ist. Der Steuerblock 58 enthält vorgebbare, gespeicherte Parameter, die den entsprechenden Vorschriften des jeweiligen Energieversorgungsunternehmens Rechnung tragen. Er übernimmt die netzseitige Überwachung der Anlage sowie gegebenenfalls das Abschalten. Im zentralen Steuer- und Überwachungsblock 55 sind die entsprechenden Funktionen für den Netzschutz und für die Modulüberwachungen programmiert und abgelegt. Relevante Anlagegrößen, beispielsweise Störmeldungen, können über die Anzeige 59, die vom Block 55 angesteuert wird, ausgegeben werden.

Fig. 4 zeigt ein Modul 1 mit integriertem Wechselrichter, dessen Gehäuse 20 auf der Rückseite des Moduls angebracht ist. In dem Gehäuse 20 integriert befinden sich die Verbindungselemente für den Datenbus und für die Netzanbindung, wobei eine Unterteilung nach Daten und Netz vorgenommen ist. Für jede der Funktionsgruppen "Daten-" und "Netz" ist jeweils ein Eingang E und ein Ausgang A vorgesehen.

Fig. 5 zeigt den Aufbau der Verbinder 26. Die Verbinder 26 weisen Stecker 28 auf, die jeweils unterschiedlich ausgebildet sind, so daß ein Vertauschen nicht möglich ist. Jeder Verbinder 26 ist mit einem Gewinde 29 sowie einer Dichtung 30 versehen. Die Verschaltung der Moduln erfolgt über vorkonfektionierte Leitungen, deren Ende mit entsprechenden Kupplungen oder Steckern versehen sind.

Der Aufbau des Wechselrichters 2 mit zugehöriger Steuerelektronik 23 kann aufgrund der geringen Übertragungsleistung zusammen auf einer Leiterplatte erfolgen. Die Längsschnittansicht aus Fig. 6 zeigt ein Gehäuse 20, in dem auf Abstandhaltern 21 eine Leiterplatte 22 ruht. Diese Leiterplatte 22 trägt die erforderlichen Elektronikkomponenten 23. Zur Leiterplatte sind Anschlüsse 27 geführt, die mit dem Stecker 28 verbunden sind. Der Stecker 28 mündet in dem Verbinder 26 an einer Außenwand des Gehäuses 20. Das Gehäuse 20 ist mit

einer Abdeckkappe 24 verschließbar, wobei eine umlaufende Dichtung 25 vorgesehen ist, die das Eindringen von Schmutz und dergleichen verhindert.

Fig. 7 zeigt den Aufbau des Leistungsteils 31 der Zentraleinheit. Der Leistungsteil besteht aus Meßwandlern, dem Leistungsschutz und Sicherungen 35. Die Sicherungen 35 sind auf einer Klemmschiene 34 angeordnet. Ein Gehäuse nimmt das Schütz und die Meßwandler auf. An geeigneter Stelle erfolgt die Zuführung der Phasenleiter bzw. der Strings. Die äußeren Abmessungen des Leistungsteils 31 sind so gewählt, daß ein Einbau in System-schränke, wie sie üblicherweise in Hausinstallationen eingesetzt werden, möglich ist. Die Verbindung zum Steuerteil 32 wird über externe Meß- und Steuerleitungen 33 vorgenommen.

Fig. 8 zeigt eine Außenansicht des mechanischen Aufbaus des Steuerteiles. Die Netzschutzparameter sind gesondert einbaubar bzw. einstellbar, wobei der zugehörige Funktionsblock mit einer Abdeckung 60 versehen werden kann. Eine Plombe 61 schützt vor unberechtigtem Zugang. Mit dem Tastenfeld 62 kann der Anlagenzustand abgefragt werden, die Anzeige 59 visualisiert auftretende Störungen oder aktuelle Anlagendaten.

Durch die Trennung von Leistungsteil und Steuerteil ist ein modularer Anlagenaufbau möglich. Es können dabei mehrere Leistungsteile mit einer Steuereinheit kombiniert werden. Damit lassen sich Anlagen auf einfache Weise erweitern, auch Anlagen größerer Leistung können mit einem bereits vorhandenen Steuerteil betrieben werden.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

1	Modul	
2	Wechselrichter	
3	Zentraleinheit	
4	Netz	
5	Datenbus	
10	Leistungsteil des Wechselrichters	40
11	Steuereinheit	
12	Meßleitung Gleichstromseite	
13	Meßleitung Wechselstromseite	
20	Gehäuse	45
21	Abstandhalter	
22	Leiterplatte	
23	Elektronikkomponenten	
24	Abdeckkappe	
25	Dichtung	55
26	Verbinder	
27	Anschlußleitungen	
28	Stecker	
29	Gewinde	
30	Dichtung	60
31	Leistungsteil	
32	Steuerteil	
33	Meß- und Steuerleitung	
34	Klemmschiene	
35	Sicherung	65
51	Leistungsschutz	
52	Meßwandler	
54	Buskoppler	

55	Steuer- und Überwachungsblock
57	Funktionsblock für die Meßwerterfassung
58	Steuerblock für den Netzschutz
59	Anzeige
60	Abdeckung
61	Plombe
62	Tastenfeld
L1-S	Phasenstring
L2-S	Phasenstring
L3-S	Phasenstring
L1	Phasenleiter
L2	Phasenleiter
L3	Phasenleiter
N	Nulleiter

Patentansprüche

1. Netzgekoppelte Photovoltaikanlage, mit einem Solargenerator, welcher eine Vielzahl seriell oder parallel verschalteter Moduln umfaßt, mit wenigstens einem Wechselrichter zum Umwandeln der erzeugten Gleichspannung in Wechselspannung und mit einer Einrichtung zum Anbinden an das Netz, welche einen Leistungsteil umfaßt, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Moduln (1, 1', 1'') einen integrierten Wechselrichter (2, 2', 2'') aufweist.
2. Photovoltaikanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Anbinden an das Netz eine Zentraleinheit (3) ist, welche zur Steuerung und/oder Überwachung der Gesamtanlage geeignet ist.
3. Photovoltaikanlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Moduln (1, 1', 1'') über die zu deren Steuerung zu erfassenden Meßdaten auch überwachbar sind.
4. Photovoltaikanlage nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein gemeinsamer Datenbus (5) die Daten einer Vielzahl von Moduln (1, 1', 1'') der Zentraleinheit (3) zuführt.
5. Photovoltaikanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zentraleinheit (3) zur Steuerung und/oder Überwachung der Gesamtheit der Moduln ein Steuerteil (32) aufweist.
6. Photovoltaikanlage nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in der Zentraleinheit (3) Leistungsteil (31) und Steuerteil (32) unabhängig voneinander modular aufbaubar sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

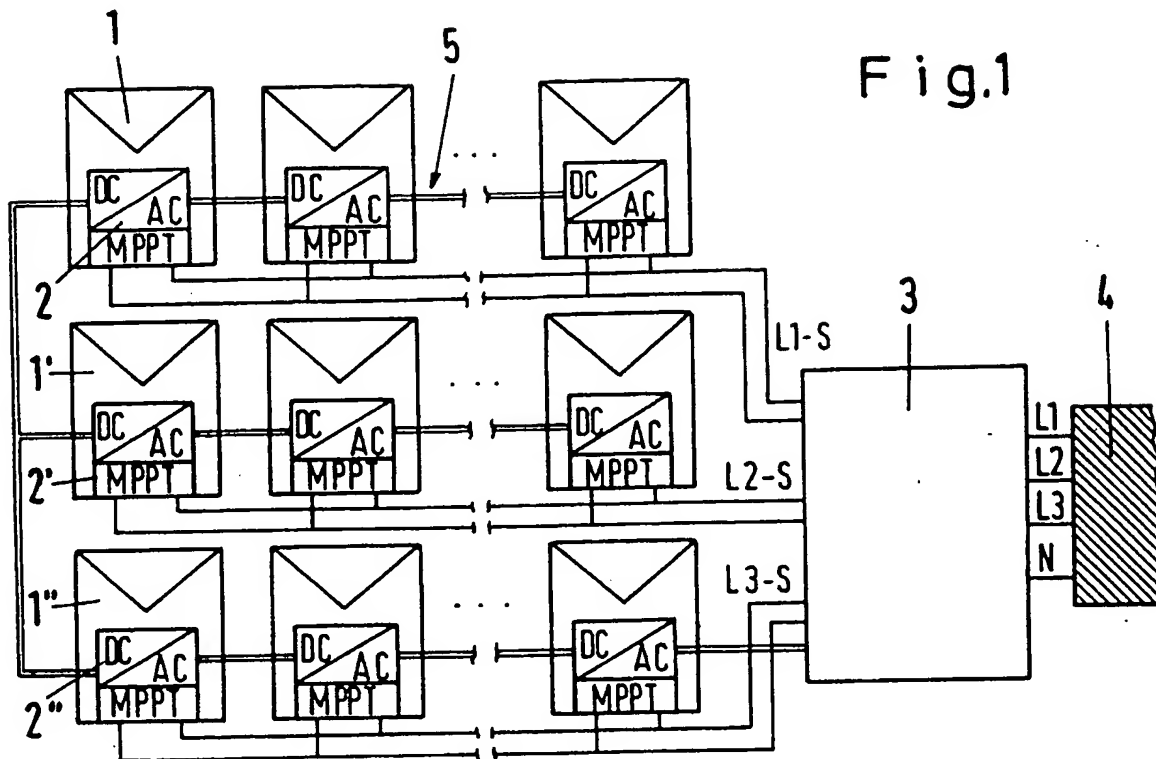


Fig.2

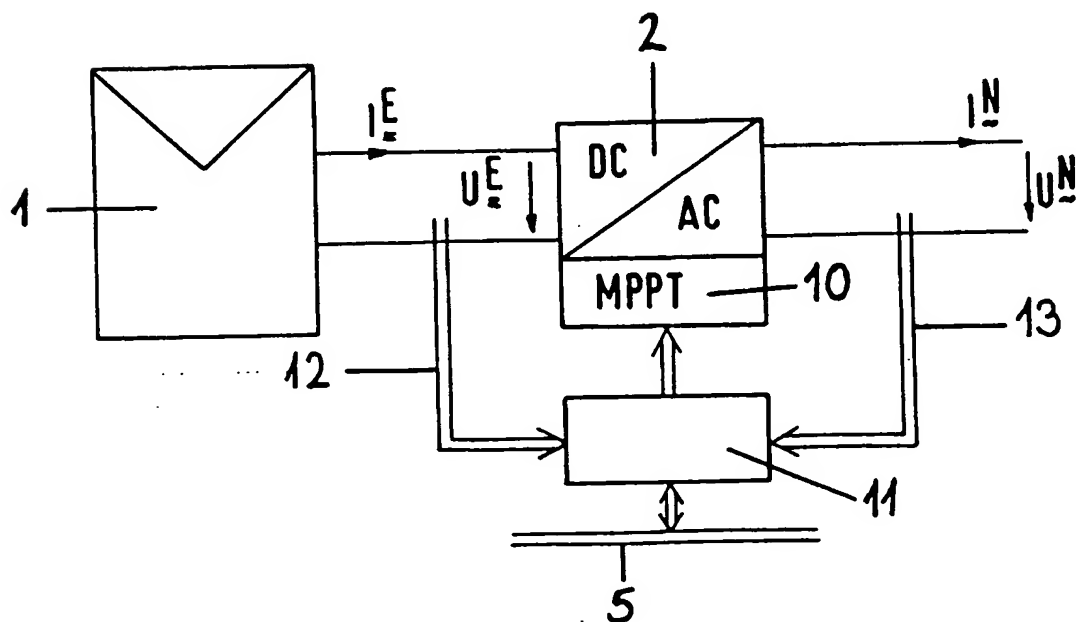


Fig.3

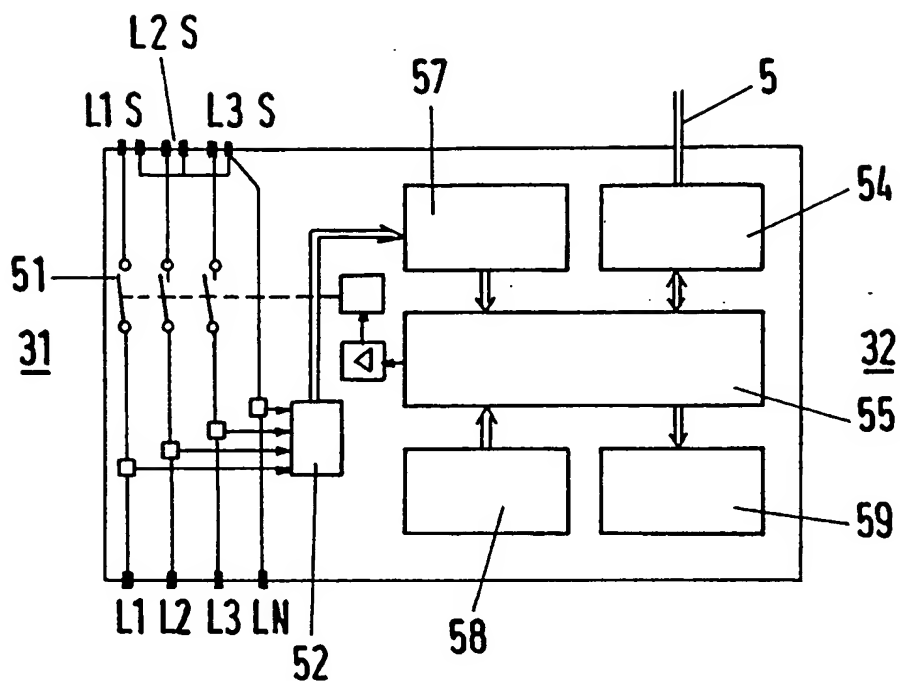


Fig.4

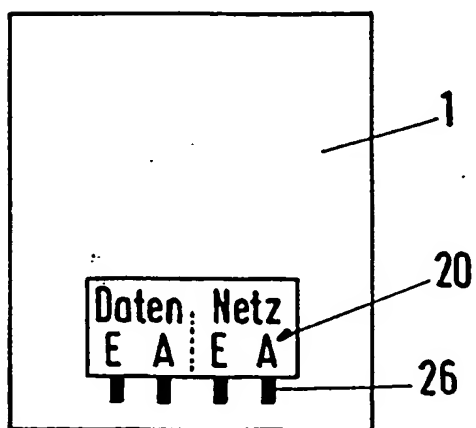


Fig.5

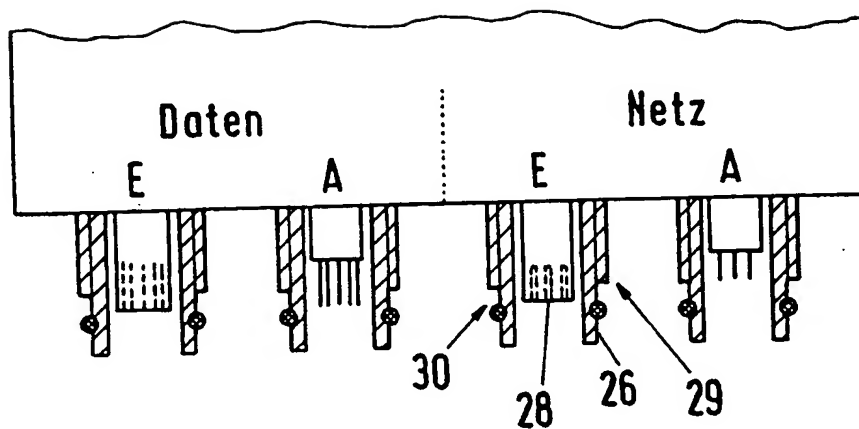


Fig.6

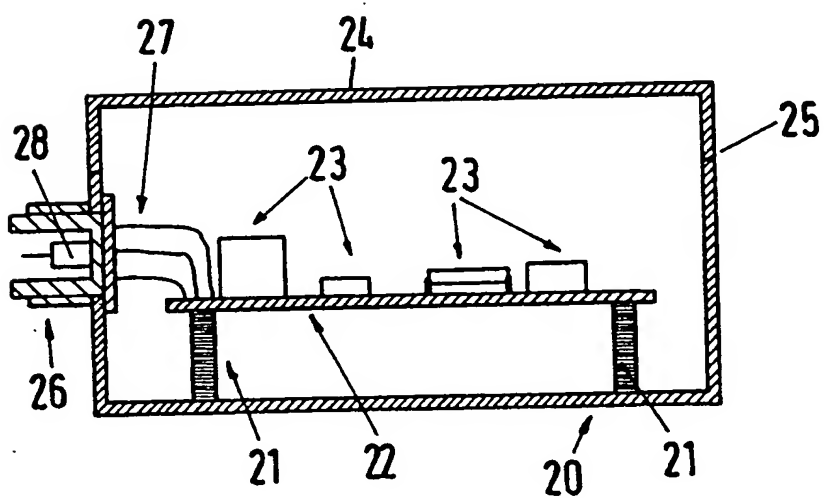


Fig.7

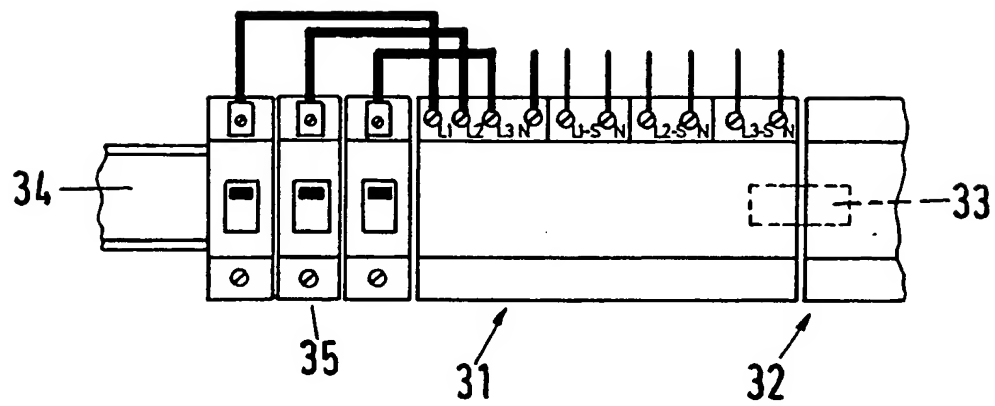


Fig.8

